PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-236263

(43)Date of publication of application: 23.08.2002

(51)Int.CI.

G02B 26/08

(21)Application number: 2001-032665

32665 (71)Applicant :

(22)Date of filing:

08.02.2001

(72)Inventor:

OLYMPUS OPTICAL CO LTD

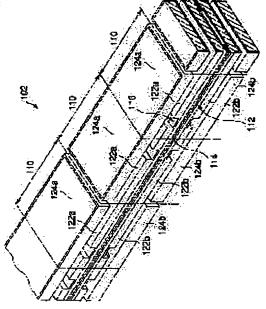
ntor: ARIMA MICHITSUGU

(54) ELECTROSTATIC ACTUATOR AND MIRROR ARRAY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrostatic actuator which has a large movable range and can control displacement on the basis of an applied voltage.

SOLUTION: The electrostatic actuator has a movable beam 102 and a beam supporting part to support the movable beam 102 in a cantilever manner. The movable beam 102 has a plurality of serially connected unit driver elements 110. Each unit driver element 110 has a first electrode supporting part 112, a second electrode supporting part 114, and a spring part 116 which connects them. The plurality of unit driver elements 110 are alternately located in a reverse direction along a direction where the movable beam 102 is extended. The first electrode supporting part 112 includes two earth electrodes 122a and 122b, and the second electrode supporting part 114 includes two drive electrodes 124a and 124b. That is, one unit driver element 110 has a first and second pairs of earth electrodes and drive electrodes.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

盐 华 噩 **松** (21) (18) 田本国格野小 (JP)

(11)特許出國公開番号 公報 (A)

特期2002-236263

(P2002-236263A)

(43)公開日 平成14年8月23日(2002.8.23)

デマコー・(物地)

鐵別記号

G02B 26/08

(51) Int.C.

E 2H041 56/08 G02B

審査請求 未請求 請求項の数3 〇L (全37 頁)

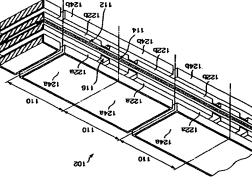
(21)出顧番号	特閣2001-32665(P2001-32665)	(71)出國人 000000376	
		オリンパス光学工業株式会社	式会社
(22) 出質日	平成13年2月8日(2001.2.8)	東京都設谷区韓ヶ谷2丁目43番2号	厂目43番2号
		(72)発明者 有馬 通継	
		東京都設谷区韓ヶ谷2丁目43番2号	厂目43番2号
		ンパス光学工業株式会社内	村
		(74)代理人 100058479	
		弁理士 鈴江 武彦	(544g)
		Fターム(参考) 2H041 AA16 AB14 AZ01 AZ08	Z01 AZ08

静電アクチュエーター及びミラーアレイ (54) [発形の名称]

(57) [要約]

【輠題】 可動範囲が大きく、印加電圧により変位を制 **卸できる静電アクチュエーターを提供する。**

2 2 a 、1 2 2 b を、第二の電極支持部 1 1 4 は二つの 駆動電極124a、124bを含んでいる。つまり、ひ とつの単位駆動案子110は、接地電極と駆動電極の第 2と、可動ピーム102を片符ちに支持するピーム支持 部とを有している。可動ビーム102は、直列的に接続 された複数の単位駆動素子110を有している。単位駆 動業子110の各々は、第一の電極支持即112と、第 6とを有している。複数の単位駆動業子11.0は、可動 ゲーム102の斑びる方向に沿った、交互に逆向きや並 二の電極支持部114と、これらを連結するパネ部11 んでいる。第一の配極支持部112は二つの接地電極1 一の対と第二の対を有している。



[解決手段] 静電アクチュエーターは、可動ビーム10

[特許請求の範囲]

「請求項1] 静電力により駆動される静電アクチュエ ーターであって、 可動ビームと、可動ビームを片存ちに支持するピーム支 枠部とを有しており

可動ビームは、直列的に接続された複数の単位駆動繋子 を有しており

単位駆動器子は、一対の電極支持部と、一対の電極支持 少なくとも一対の電極要素とを有している、静電アクチ 部を連結するパネ部と、電極支持部の各々に設けられた

【請求項2】 単位駆動素子は、電極支持部の各々に設 けられた二対の電極要素とを有している、第1項に記載 ュエーター。

【請求項3】 静電力により駆動されるミラーアレイで の静電アクチュエーター。

複数の可動どームと、複数の可動と一ムを片符ちに支持 あって、

可動ピームの各々は、直列的に接続された複数の単位駆 するピーム支持部と、可動ピームの各々の自由端部に設 けられた複数のミラーとを有しており、

ī

単位駆動森子は、一対の範極支持部と、一対の電極支持 部を連結するパネ部と、電極支持部の各々に散けられた 少なくとも一対の電極要案とを有している、ミラーアレ

動繋子を有しており、

[発明の詳細な説明]

[発明の属する技術分野] 本発明は、静鶴アクチュエー ターー及びそれを利用したミラーアレイに関する。 [0000]

00021

|従来の技術| | 従来、レイクロレシンの駆動手段の10 として、静電引力を利用したアクチュエーターが広く使 用されている。これらのアクチュエーターは、図60に 示すように接地電極1402と、それに対向して配置さ れる駆動電極1404と、駆動電極1404を支持する パネ1406とを有している。

【0003】図60に示される静電アクチュエーターの 極1404に観瀾1412により電圧を印加すると、接 動作について、図61を奪服して説明する。図61に示 **すように、接地電極1402を接地した状態で、駆動電** 地電極1402と駆動電極1404の表面に互いに極性 414と電荷1416の間に作用する静電力により、駆 動電極1404が接地電極1402の方向に引き寄せら が逆の電荷1414と電荷1416が移起され、電荷1

いて、シリコン基板1502の数面に対して斜めに支枠

6

隔の二颗に比例して減少するため、アクチュエーターの 極間隔を増大すると、電極間に作用する静電力は電極間 は、堅動電極1404と接地電極1402の初期の間隔 に制約されるが、ストロークを増大する目的で初期の電 [0004] この静電アクチュエーターのストローク

特別2002-236263

8

駆動力が急激に低下する。

80圧を無制限に増大させることはできない。 従って、図 の間に印加する包圧を増大させることにより、前述の亀 が、電圧には、各電極間または電極に接続される配線間 の静電耐圧により制限される上限が存在するため、印加 60に示される静電アクチュエーターは、大きな変位を [0005] 配極間に作用する際配力は印加電圧の二級 に比例するため、駆動配施1404と被地配施1402 極間隔の増大による静電引力の低下を補うことが可能だ 必要とする用途には適していない。 2

に、シリコン基板1502と、袖篠殿1504と、始橋 【0006】このような不具合を解決した静観アクチュ エーターとして、図62に示す構成のアクチュエーター が開示されている(日本機械学会、ロボティクス・メカ トロニクス購資会,98購資職文集 (No. 98-4, 1AIV2-3))。このアクチュエーターは、図62に示すよう

パッド1506と、第一の騒動観描1512と、第二の 駆動電極1514と、第三の駆動電極1516と、第四 の駆動電極1518と、第五の駆動電極1518と、英 一のパネ1522と、第二のパネ1524と、第三のパ ネ1526と、第四のパネ1528と、第五のパネ15 30とを有している。

20

[0007] 図62に示すように、シリコン基板150 2の表面は絶縁膜1504で覆われており、その上に給 514は導電性の第二のパネ1524を介して第一の駆 動電極1512に、第三の駆動電極1516は導電性の **聞パッド1506が形成されている。第一の胎動稿帳1** 512は導電性の第一のパネ1522を介して給電パッ ド1506に片持ち支持されており、第二の駆動電極1 に、第四の駆動電極1518は導電性の第四のパネ15 第三のパネ1526を介して第二の駆動価権1514

極1520は導電性の第五のパネ1530を介して第四 [0008] X*1522, 1524, 1526, 15 28、1530は、残留応力の異なる二種類の檸檬から 構成されており、反りを有している。このため、第一な いし第五の駆動電極1512、1514、1516、1 518、1520は、電圧が印加されていない状態にお の駆動電極1518に片持ち支持されている。

28を介して第三の駆動電極1516に、第五の駆動電

8

されており、先端に近い駆動電極は給観パッド1506 【0009】このアクチュエーターは、図63に示すよ うに、電談1532により一定の亀田をシリコン基板1 502と拾載パッド1506の間に印加することで駆動 される。電圧が印加されると、第一ないし第五の駆動艦 **個1512、1514、1516、1518、1520** 1、シリコン基板1502に対して、同時に同一の電位 が与えられる。これにより、シリコン基板1502と各 に近い駆動電極に比べて大きい傾斜角を有している。

1

-2-

駆動電極1512、1514、1516、1518、1

S

€

特限2002-236263

[0010] まず、最も大きい静配引力を受けている第 -の竪動低極1512がシリコン揺板1502に引き寄 せらる。その枯果、第一の駆動電極1512は、最終的 には、図64に示されるように、シリコン基板1502 の表面の絶縁膜1504に全体的に接触する。

02に引き寄せられ、図65に示されるように、シリコ に全体的に接触すると今度は、次に大きい静電引力を受 けている第二の駆動電極1514が、シリコン基板15 ン基板1502の装面の絶縁膜1504に全体的に接触 する。その後、同様に、第三の駆動電極1516と第四 き寄せられて、その安面の絶縁膜1504に全体的に接 帖する。最後に、第五の駆動電極1520が、シリコン [0011] 第一の駆動電極1512が絶縁膜1504 の駆動電極1518が順次、シリコン基板1502に引 に、シリコン基板1502の安面の絶縁膜1504に全 基板1502に引き寄せられ、図66に示されるよう 体的に被制する。

を介して直列的に接続された複数の駆動電極を有してい [0012] この静電アクチュエーターは、反ったパネ ることにより、駆動電圧の増大を必要とすることなく、 変位の拡大を達成している。

20

[0013]

アクチュエーターにおいては、その特性は、パネの初期 の曲率に大きく影響される。パネの初期の曲帯は、それ [発明が解決しようとする課題] 図6.2に示される静電 を構成する二種類の薄膜の残留応力差に依存するため、 これを正確に制御することは難しい。 【0014】また、駆動電極とシリコン基板の間に生じ る静電引力は、印加電圧に対してリニアに変化しない。 また、静電引力は、印加電圧だけでなく、電極間隔にも 依存している。このため、駆動職権に印加する電圧を調 節することにより、静電アクチュエーターの変位量を正 協に制御することは、書い換えれば、駆動電極を所望の 位置に正確に配置することは難しい。このためには、位 置センサー等の森子が別に必要となる。これは、コスト 低域や緊子の小型化を妨げる。

びる方向に直交する方向にたわみ得るたわみパネであ

[0015] また、この静電アクチュエーターは、比較 駆動電極の移動方向は、基板に垂直な方向、それも基板 的大きな平板状の基板を必要とする共に、その構成上、 に接近する一方向に制約される。応用範囲が限定され

たものであり、その主な目的は、大きいストローク(可 【0016】本発明は、このような実状を鑑みて成され 動範囲)を有し、変位の正確な制御が容易に達成可能な 静電アクチュエーターを提供することである。

叮動ビームと、回動ビームを片搾むに支持するビーム支 【課題を解決するための手段】本発明は、ひとつには、 静電力により駆動される静電アクチュエーターであり

[0017]

3

S

梅部とを有しており、可動ビームは、直列的に接続され 部と、電極支持部の各々に設けられた少なくとも一対の --対の電極支持部と、一対の電極支持部を連結するパネ た複数の単位駆動寮子を有しており、単位駆動寮子は、 電極要素とを有している。

ミシートフイかをも、複数の回動カームと、複数の回聴 の各々の自由端部に設けられた複数のミラーとを有して おり、可動ビームの各々は、直列的に接続された複数の 単位駆動祭子を有しており、単位駆動祭子は、一対の電 極支持部と、一対の電極支持部を連結するパネ部と、電 ピームを片持ちに支持するピーム支持部と、可動ピーム 極支持部の各々に設けられた少なくとも一対の電極要素 [0018] 本発明は、また、静電力により駆動される

とを有している。 [0019] [発明の実施の形態] 以下、図面を参照しながら本発明 の実施の形態について説明する。まず最初に、本発明の ひとつの画面である静電アクチュエーターについて説明 【0020】 [第一の実施の形態] 本発明の第一の実施 の形態である静電アクチュエーターについて図面を参照

しながら説明する。

【0021】図1に示されるように、第一の実施の形態 と、可動ピーム102を片搾ちに支持するピーム支持部 の静電アクチュエーター100は、可動ビーム102

で並んでいる。パネ部116は、可動ビーム102の矩 れら一対の電極支持部112、114を連結するパネ部 [0022] 可動ピーム102は、図2に模式的に示さ れるように、直列的に接続された複数の単位駆動舞子1 可動ピーム102の選びる方向に沿って、女互に逆向き 10を有している。単位駆動素子110の各々は、第一 の電極支持部112と、第二の電極支持部114と、こ 116とを有している。複数の単位駆動案子110は、 104とを有している。

2 bを含んでおり、第二の電極支持部 1 1 4 は、二つの 駆動電極124a、124bを含んでいる。つまり、ひ 【0023】第一の電極支持部112は、図3と図4に 群しく示されるように、二つの接地電極122a、12 とつの単位駆動繋子110は、パネ部116のたわみ得 る方向に置いて向き合っている接地電極122aと駆動 **電極124aの第一の対と、パネ町116のたわみ得る** 方向に間隔をおいて向き合っている接地電極122bと 駆動電極1246の第二の対を有している。

248と向き合う面を覆う絶縁層である酸化シリコン層 [0024] 図4に示されるように、第一の接地電極1 134と、その反対側の面を覆う絶縁層である酸化シリ コン層136を有している。また、第一の駆動電極12 22gは、シリコン層132と、その第一の駆動電極

4 a は、シリコン層 1 4 2 と、その第一の接地電極 1 2 44とを有している。第二の接地配極122bと第二の 2 a と向き合う面を覆う絶縁層である酸化シリコン層 1 駆動電極1246も同様の構造を有している。

部を構成するとともに、パネ部116の一部と、第二の 32は肉滓部を有しており、この部分がパネ町116の 一部を構成している。隣接する二つの単位駆動素子11 [0025] シリコン132と酸化シリコン圖134と 酸化シリコン層136は、第一の電極支持前112の一 電極支持部114の一部を構成している。シリコン曜1 0のシリコン層132の内障部に挟まれた部分は、第二 の電極支持部114の一部を構成している。

緑陽134と絶緑層144によって、互いに電気的に絶 酸化シリコン膜134、144を挟んでシリコン層13 【0026】また、シリコン層142と敬化シリコン層 144は、第二の電極支持即114の一部を構成してい る。シリコン層142は凸部を有しており、この凸部は 2に結合されている。第一の後地電極122aの主材料 であるシリコン132と、第一の駆動電極124gの主 材料であるシリコン142は、それぞれを覆っている絶

2

線148と電気的に接続されている。同様に、隣接する 二つの単位駆動業子の駆動電極1246は、コンタクト ホール146を介して、共通の配線148と電気的に接 梳されている。配線148は、酸化シリコン帰136の 24gは、コンタクトホール146を介して、共通の配 【0027】 隣接する二つの単位駆動 繋子の駆動 臨極 1 上を延びている。 [0028] 図6に示されるように、ピーム支持部10 り、給電パッド152の各々は、対応する配線148を aと124bのいずれかに個気的に接続されている。ま (図にはその一つのみ示されている)を有しており、給 電パッド154の各々は接地電極122aと122bの 介した、隣接する二つの単位駆動森子の駆動配権124 4は、その内部に複数の給電パッド152を有してお た、ピーム支持部104は、一対の結構パッド154 いずれかに電気的に接続されている。

を有している。複数の開口156は、図5に見える投順 に形成されている。また接地電極122aと122b用 4は、駆動電極124aと124b用の給電パッド15 2と外部装置との電気的接続のための複数の開口156 の給電パッド154と外部との電気的接続のための一対 [0029] 図5に示されるように、ピーム支持部10 と、その反対側に位置するため図5には見えない裏側と の開口158を有している。開口158は、図5に見え る表側と、その反対側に位置するため図5には見えない 気色になっしずし形氏されている。

クチュエーター100において、検地電腦122aと1 ター100の動作を説明する図である。上述した静電ア 【0030】図1は、本実施の形態の静電アクチュエー

2.2 b と下側の第二の駆動電極1.2 4 b を被地電位に保 った状態で、上側の第一の駆動電極1248に電圧を印 加すると、接地電極1228がパネ部116を支点とし た、**静鶴**引力によった上図の第一の駆動配権124gに 引き寄せられるため、図7に示されるように、可動ピー ム102が全体的に上側に反る。

[0031] これとは逆に、上歯の第一の駆動範値12 に電圧を印加すると、可動ビーム102が全体的に下側 4 8 を接地電位に保ち、下側の第二の駆動電極1,24 b

9

は、緊接する二つは氦気的に接続しているが、二つずつ を印加する駆動電極124mと124bの個数を変える [0032] さらに、前述したように、直列的に並んで いる単位駆動寮子110の駆動電極124aと124b 単位で互いに電気的に分離されている。従って、隣接す る二つの単位駆動素子110年に、駆動電極124mと る。これにより、可動ビーム102の任意の位置にある 隣接する二つの単位駆動繋子110を変位させることが できるので、可動ビーム102の全体の変位量を、電圧 1246に印加する電圧を独立に制御することができ ことにより、小奴みに制御することができる。

チュエーター100の可動どームの製造工程を示す斜視 図である。以下、図8~図11を辞照しながら、本実施 の形態の静電アクチュエーター100の可動ビーム10 [0033] 図8~図17は、本英施の形態の吟観アク 2の製造方法について説明する。

[0034] まず、図8に示すように、SOI (Silico n on Insulator)基板を用意し、その活性偏をフォトレ ジスト (図示せず) 筝をマスクとしてRIE (Riactive で206および208は、それぞれ501 基板の支持層 り、駆動電極202及び接合部204を形成する。ここ a) エッチングによって2回路状的に除去することによ lonEtching) 주ICP (Inductively Coupled Plasm および埋め込み酸化膜である。

2

[0035] 次に別のSOI 基板を用意し、その否性層 を図8と同様の方法で選択的に除去することにより、図 を形成する。ここで216および218は、それぞれS 9に示すように、接地電極212及び電極ポスト214 01 基板の支持層および埋め込み酸化膜である。

[0036] 次に図10に示すように、図8および図9 図9における電極ポスト214に接触するよう位置合わ の工程で加工した基板の表面に熱酸化膜222、224 をそれぞれ形成した後、図8における接合削204が、 せを行ない、両者の基板を接合する。 40

ammonium hydroxide) 降により除去した後、蛆め込み に示すように基板のシリコンを、フォトレジスト236 【0037】次に支持備216をTMAH(Tetramethy **餃化膜218をR1Eによって除去する。さらに図11** をマスクとしてRIEによって一部除去することによ

り、配線溝238を形成する。

20

1. Eによって除去することにより、酸化膜マスク(図示 せず)を形成する。次にこの酸化膜マスクを介して、下 スクを除去した後、再度熟酸化を行い、図12に示され る酸化シリコン膜244を形成する。さらに酸化シリコ ン職244の一部をフォトレジストを介してRIEによ **して除世することにより、コンタクトボール246を形** 成する。ここで、コンタクトホール246の形成と回時 トレジストをマスクとしてパッファードフッ酸またはR 図12に示される凹部242を形成する。次に酸化膜マ に、図中に248で示される部分の酸化シリコン膜を除 熙酸化を行い、新たに形成された熙酸化隣の一部をフォ 【0038】 次にフォトレジスト236を除去した後、 層のシリコンをTMAHによって除去することにより、

法人等の方法によってドーパントをコンタクトホール2 [0039] 次にフォトレジストを除去した後、イオン 46下層のシリコン層に拡散することにより、この部分 に高濃度のドーパント拡散層を形成する。

毎の導体膜をスパッタリング法等の方法によって成膜し た後、この導体膜の一部をフォトレジスト等を介して除 [0040] さらに図13に示すように、アルミニウム 去することにより、配線252を形成する。

244をマスクとして、シリコンをICPエッチング法 【0041】 次に図14に示すように、酸化シリコン膜 によって除去することにより、接地電極212および電 極ポスト214を基板から分離するとともに、パネ部2 ている部分のうち面積の広い箇所に、ポリイミド戦25 54を形成する。さらに埋め込み酸化膜208が露出し 6をスクリーン印刷法等の方法により成験する。

[0042] 次に図15に示すように、図14の工程で 点やポリイミドの熱分解値度より低い温度で行う。さら 形成される構造体を二枚、各々の構造が接合面に対して ミラー対称になるよう位置合わせを行った後、両者を接 合する。この接合は、構造中に使用している配線材の融 に同図中に示される支持隔206を除去する。

るが、この部分は図14の工程で形成したポリイミド膜 H 等を使用して行なう。支持層206が完全に除去され ると、TMAHの液圧が埋め込み酸化膜208に作用す [0043] 支持層206の除去は、アクチュエーター の形成されている空間258を封止した状態で、TMA 256によって補強されているため、埋め込み酸化膜2 08の液圧による破損が防止される。

【0044】最後に埋め込み酸化膜208及びポリイミ F膜256を、RIEによって除去することにより、図 3と図4に示される可動ピーム102が完成する。 なお 配線の信頼性向上のため、配線252の表面にシリコン 酸化膜等をPICVD(Plasma Assisted Chemical Vap Deposition) 法により形成してもよい。

20 一は、同一の二枚の構造体を扱り合わせて作製されるた [0045] 本発明の実施の形態の静電アクチュエータ

めに、図4に示されるように、配換148が配線溝の上 面と下面に形成されるので、図6に示されるように、給 観パッド152はピーム支持部104の上側と下側の両 方に形成される。 [0046] 図16と図17は、それぞれ、図13の工 盤と図15の工程に対応する、ピーム支持部の製造工程 を示す斜視図である。

2及び接合部204と同時に形成される。また、支枠部 [0047] 図16は、図13に示す工程が終了した時 点における給電パッド付近の構造を示している。支持部 262は、図8の工程において形成される駆動電橋20 264は、図9の工程において形成される接地電極21 2及び電極ポスト214と同時に形成される。また開口 部266は、支持部262及び支持部264を形成する 68、272は、図13の工程で形成される配線252 と同時に形成され、コンタクトホール210は、図12 の工程で形成されるコンタクトホール246と同時に形 ル270を介して支枠部264に傍礁される。また支持 前264のうち給電パッド272に接する部分には、高 工程において、同時に形成される。さらに給電パッド2 成される。また、給電パッド272は、コンタクトホー 徴度のドーパント拡散層 (図示せず) が形成されてい 20

【0048】次に図17に示すように、埋め込み酸化酶 イミド膜256を成膜した後、図16の工程を経て形成 される構造体を二枚接合する。接合される二枚の構造体 は、給電パッド268、272と関ロ部266の位置が 異なっており、一方の構造体の給電パッドと関ロ部がそ れぞれ他方の構造体の関ロ部と給職パッドと向き合うよ 208が韓出している部分のうち面積の広い箇所にポリ うに配置されている。 39

をマスク274を介して除去することにより、図5に示 される保持部160が形成される。マスク274は、工 程の途中で基板の裏面に形成される熱酸化膜をパターニ 【0049】次に支枠層206を除去する。この工程に おいて、図17に示される下側の構造体の支持層206 ングして使用する。さらに埋め込み酸化膜208、ポリ **イミド膜256を除去することにより、パッド周辺の構** 造が完成する。

【0050】本実施の形態の静電アクチュエーターは、 様々な変形や変更が可能である。

6

動衆子は、一対の倭地電極と駆動電極を、可動ピームの 駆動電極の対をひとつずつ有しているが、上方向または 下方向の一方への変位が要求される場合には、各単位駆 近びる方向 (別の雪い方をすればピームの軸) の片側に 有してさえすればよい。このような構造体は、具体的に 各単位駆動紫子は、可動ピームの延びる方向(別の言い **方をすればビームの他)の両側に対称的に、接地電極と** 【0051】上述した実施の形態の静電アクチュエータ **ーでは、可動ピームを上下両方向に変位させるために、**

ることなく、支持層206、埋め込み酸化膜208、ポ は、図14に示した工程の後に、同様の構造体を接合す リイミド膜256を順次除去することによって、作製さ

電極の対は、それぞれ複数の歯を有しており、一方の簡 い。例えば、図18に示されるように、駆動電極と接地 形職権の値は他力の糖形職権の権の間に延びている一対 の櫛形鵯橋であってもよい。このような櫛形鵯橋は、闽 えば、図8と図9に示される工程でそれぞれ形成すれば 一では、接地電極と駆動電極の対は、間隔を置いて向き 合った一対の平板状の電極であるが、両者関で静電引力 が生じるものであれば、その形状は任意に変更してもよ 【0052】上述した実施の形態の静観アクチュエータ

い。例えば、図19に示されるように、さらに図20に 除いては、本実施の形態と同様の手法によって作製され **一では、図2に分かり易く模式的に示されるように、複** て、交互に逆向きで並んでいるが、単位駆動業子の配列 分かり易く模式的に示されるように、複数の単位駆動素 子は、可動アームの斑びる方向に拾った、回じ向きで逆 んでいてもよい。このような可動と一ムは、図9に示さ れる工程において、エッチングのパターンを変える点を 【0053】上述した実施の形態の静電アクチュエータ 数の単位駆動案子は、可動と一ムの延びる方向に沿っ はこれに限定されず、直列的に並んでしさえすればよ

2

可動ビームが直列的に接続された複数の単位駆動森子を 有していることにより、接地電極と駆動電極の間隔を増 た、単位駆動祭子を隣接する二つ毎に独立に制御できる ので、アクチュエーターの変位を細かく慰御することが 可能である(もちろん、単位駆動祭子をひとつずつ独立 に制御するような変更も可能である)。 この制御は、駆 動電極に電圧を印加する単位駆動素子の個数を変更する 【0054】本実施の形態の酔化アクチュエーターは、 大させることなく、アクチュエーターの変位量の増大 ことで行なわれるので、D/A変換を行なうことなく、 と、十分な駆動力の確保とを同時に適成している。ま デジタル回路により直接制御することができる。

の形態である静電アクチュエーターの可動どームについ 【0055】 [第二の実施の形態] 本発明の第二の実施 **不図面を参照しながら説明する。第二の実施の形態の静** 電アクチュエータの可動ピームを図21に示す。

[0056] 図21に示されるように、可動ピーム30 子310は上下方向にたわみ変位し得、第二の単位駆動 **寮子330は左右方向にたわみ変位し得、第三の単位駆** 2は、直列的に接続されている三種類の単位駆動森子3 10、330、350を有している。第一の単位駆動業 動衆子350は、可動アーム302の軸を中心に左右回

[0057] ここにおいて、「可動ビーム302の幅」

見た図である。図28において、接地配極322a、3

20

特開2002-236263

9

2の軸に直交する一方向を書い、「左右方向」という用 て、可動と一4302の延びている方向に平行で、可動 る。また、「上下方向」という用語は、可動ビーム30 酪は、可動ピーム302の軸に直交するとともに前述の という用語は、可動どー4302が無変位の状態におい アーム302の中心を通る仮想的な様を言うものとす 「上下方向」に直交する方向を言うものとする。

く、要求される動きに応じて、第一ないし第三の単位配 [0058]図21には、複数の単位駆動繋子310と 一つの単位駆動素子350と複数の単位駆動案子330 が示されているが、それらの個数はこれに限定されるも のではなく、任意の個数の組み合わせであってよい。ま **た、回動アー4302は、水ずしも川橋雄の単位即動業** 子310、330、350の全てを含んでいる必要はな 動衆子310、330、350の内の二種類あるいは一 種類のみを有していてもよい。

23に示されるように、第一の電極支持部312と、第 二の電極支持部314と、第一の電極支持部312と第 【0059】第一の単位駆動業子310は、図22と図 二の

配

振

支

特

的

の

の

を

を

の

を

の

の<b **作したいる。 パ本部316は、四勢アーム302の軸に** 直交する上下方向にたわみ得るたわみパネである。

[0060] 第一の配極支控部312は、二つの接地電 極322g、322bを有しており、第二の電極支持部 いる。すなわち、第一の単位駆動器子310は、接地電 314は、二つの駆動**就**極324a、324bを有して 権と駆動電権の対を二つ、すなわち、接地**電**極322g と駆動電極324ヵの第一の対と、接地電極3226と 駆動電極3245の第二の対とを有している。

[0061] 接地電極322a、322bと駆動電極3 24g、324bは共に複数の歯を有する櫛形電極であ り、それぞれの対を成している櫛形電極は、一方の歯が 他方の歯の間に入り込んでおり、各対の櫛形配樋の由は 共に回動 アーム302の 形ぴる 方向に 治って 斑びたい

いる。回様に、第二の対の梅形虹極(ナなわち接地電極 [0062] 第一の対の猶形義権 (すなわも撥換機) 22mと昭勢鶴橋324m) は、可勢ピー4302の輪 から、パネ部316がたわみ得る方向に外れて位置して 3226と駆動電極3246) は、可動ビーム302の 軸から、パネ部316がたわみ得る方向に外れて位置し たいる。 さらに、 第一の対の樹形鵯橋(すなわち接地鵯 **騒322aと駆動電極324a)と第二の対の御形電極** 円割アーム302の盤を通り、パネ部316がたむみ律 [0063] 第一の単位駆動祭子310の動作について 図28を存眠して説明する。図28は、複数の第一の単 位駆動募子310が直列的に接続された構造体を積から (すなわち使地電極3226と駆動電極3246)は、 る方向に直交する平面に対して面対称に位置している。 Ş

6

図28に示される構造体(つまり可動ピームの一部)は [0064]これとは反対に、接地電極322a、32 2 b および上側の駆動配極3 2 4 a を接地電位に保った 状態で、下筒の駆動電極3246に臨圧を印加すれば、

まり可動ピームの一部)を上下方向に複雑な形状に変形 圧を印加することにより、図28に示される構造体(つ [0065]また、駆動電圧に電圧を印加する単位駆動 舞子310の個数を制御することにより、図28に示さ れる構造体(ひまり可動パームの一部)の反る最つまり 変位量を細かく制御することができる。さらに、適当な に祖圧を印加するとともに、その以外のうちの適当な単 位駆動器子310に対して下側の駆動電極3245に電 単位駆動器子310に対しては上側の駆動電極3248 させることもできる。

異子310は、上方向と下方向の両方向への移動のため たは下方向のいずれか一方への移動のみが要求される用 [0066] 図22と図23に示される第一の単位駆動 に、可動ビーム302の軸から対称的に外れて配置され た二対の接地電極と駆動電極を有しているが、上方向ま ム302の輪から外れて配置された一対の接地電極と駆 途に対しては、第一の単位駅動業子310は、可動ピー 動電板を有してさえすればよい。

[0067]第二の単位駆動繋子330は、図24と図 25に示されるように、第一の電極支持即332と、第 二の電極支持部334と、第一の電極支持部332と第 二の電極支持部334を連結しているパネ部336とを 有している。 パネ部336は、可動ビーム302の軸に 頂交する左右方向にたわみ得るたわみパネである。

わち、第二の単位駆動業子330は、接地電極と駆動艦 極の対を四つ、すなわち、接地電極342mと駆動電極 【0068】第一の電極支持部332は、四つの接地電 極342a、342b、342c、342dを有してお 344aの第一の対と、接地電極342bと駆動電極3 り、第二の電極支持部334は、四つの駆動電極344 a、344b、344c、344dを有している。 すな 446の第二の対と、協地回極342cと影動電極34 4 cの第三の対と、接地電極3424と駆動電極344 dの無因の対とを有している。

間に入り込んでおり、各対の櫛形電極の歯は共に可動と 44dは共に複数の歯を有する櫛形電極であり、それぞ れの対を成している櫛形電極は、一方の歯が他方の歯の 342dと駆動電極344a、344b、344c、3 [0069] 接地電極342a、342b、342c、

[0070] 第一の対の櫛形電極 (すなわち接地電極3 **「動アーム302の軸から、パネ問336がたむみ待ち** 方向に外れて位置している。さらに、第一の対の櫛形亀 極と第二の対の梅形電極は、可動アーム302の軸を通 り、パネ部336がたわみ得る方向に平行な平面に対し 42gと駆動は極344g)と第二の対の御形亀橋(す なわち被地鶴極342bと駱動鶴極344b)は共に、 - 4302の延びる方向に治って延びている。 ト国対称に位置している。

【0071】回接に、第三の対の梅形亀橋(すなわち接 わみ得る方向に外れて位置している。さらに、第三の対 の徳形亀極と第四の対の梅形亀極は、可勢と一4302 の軸を通り、パネ部336がたわみ得る方向に平行な平 **地電極342cと駆動電極344c)と第四の対の極形** は共に、可動アーム302の輪がら、パネ街336がた 電極(すなわち接地電極342dと駆動電極344d) 盾に対して函対称に位置している。 10

【0012】加えて、第一の対と第二の対の二対の簡形 **電極と、第三の対と第四の対の二対の衝形電極とは、可** 動ビーム302の軸を通り、パネ部336がたわみ得る 方向に直交する平面に対して面対称に位置している。 20

図29を参照して説明する。図29は、複数の第二の単 見た図である。図29において、接地電極342a、3 4 a 、3 4 4 b を接地電位に保った状態で、右側の駆動 電極344c、344dに電圧を印加すると、接地電極 dが静電引力によって互いに引き寄せられ、パネ部33 6がたわみ変形を起こす。その結果、図29に示される 【0073】第二の単位駆動素子330の動作について 位駆動案子330が直列的に接続された構造体を上から 42b、342c、342dおよび左側の駆動電極34 342c、342dと右回の駆動気極344c、344 構造体(つまり可動パームの一部)は右方向に反る。 ٤

c、344dを接地電位に保った状態で、左側の駆動電 極344a、344bに電圧を印加すれば、図28に示 される構造体(つまり可動ピームの一部)は左方向に反 [0074] これとは反対に、後地電極342a、34 2 b、3 4 2 c、3 4 2 dおよび右側の駆動電極3 4 4

【0075】また、駆動電圧に電圧を印加する単位駆動 a、344bに電圧を印加するとともに、その以外のう 舞子330の個数を制御することにより、図29に示さ れる韓道体(しまり回覧パームの一部)の反る由しまり 変位量を細かく制御することができる。 さらに、適当な ちの適当な単位駆動猴子330に対して右側の駆動電極 344c、344dに電圧を印加することにより、図2 9 に示される構造体(つまり可動と一ムの一部)を左右 単位駆動業子330に対しては左側の駆動電極344 ち向に複雑な形状に変形させることもできる。 Ç

[0076] 図24と図25に示される第二の単位駆動 乗子330は、左方向と右方向の両方向への移動のため

20

に、回動に一4302の歯がら対称的に外れた配置され たは右方向のいずれか一方への移動のみが要求される用 ム302の軸から外れて配置された二対(例えば第一と た第一と第二の対の被治電極と駆動観極および第三と第 四の対の接地電極と駆動電極を有しているが、左方向ま 第二の対)の铵地電極と駆動電極を有してさえすればよ 浴に対しては、第二の単位慰動報子330は、可動と!

【0077】第三の単位駆動兼子350は、図26と図 27に示されるように、第一の電極支持部352と、第 二の電極支持部354と、第一の電極支持部352と第 二の電極支持部354を連結しているパネ部356とを 有している。パネ部356は、可動ビーム302の軸を 中心にねじれ得るねじれパネである。

極の対を四つ、すなわち、接地電極362aと駆動電極 [0078] 第一の電極支持部352は、四つの接地電 楓362a、362b、362c、362dを有してお わち、第二の単位駆動森子350は、接地電極と駆動電 364ヵの第一の対と、接地電極3626と駆動電極3 646の第二の対と、接地電極362cと駆動電極36 a、364b、364c、364dを有している。 すな 4 cの第三の対と、接地電極362dと駆動電極364 り、第二の電極支持部354は、四つの駆動電極364 dの第四の対とを有している。

362dと駆動電極364a、364b、364c、3 64dは共に複数の歯を有する櫛形電極であり、それぞ れの対を成している権形関権は、一方の歯が他方の歯の 間に入り込んでおり、各対の櫛形電極の歯は共に可動ど [0080] 第一の対の櫛形電極 (すなわち被地電極3 62aと野歌亀極364a)と第四の対の梅形亀極(す なわち接地電極362dと駆動電極364d)は、可動 ピーム302の延びる方向に沿って斑びる軸に対して対 称的に位置している。同様に、第二の対の櫛形鶴橋(す なわち接地電極362bと駆動電極364b)と第三の 対の栢形電極(すなわち接地電極362cと駆動電極3 64c)は、甲冑アーム302の崩びる方向に拾って崩 [0079] 被地電極362a、362b、362c、 **一ム302の軸に直交する方向に沿って延びている。** びる軸に対して対称的に位置している。

[0081] 第三の単位駆動業子350の動作について 図30を参照して説明する。図30は、第三の単位駆動 c、362dおLV駆動電極364b、364cを接地 **現位に保った状態で、駆動電極364m、364dに亀** 圧を印加すると、接地電極362a、362dと駆動電 極364a、364dが静電引力によって互いに引き寄 せられ、パネ部356(図21番照)がねじり変形を起 こす。その結果、第一の電極支持部352は第二の電極 女棒部354に対して右回りにねじれる。これにより、 30において、接地電極362a、362b、362 **様子350を可動と一ムの軸方向から見た図である。**

梅暦2002−236263

⊛

第一の電極支持部352に接続されている構造体は、第 二の電極支持部354に接続されている構造体に対し

[0082] これとは反対に、接地**は**極362a、36 2 b、3 6 2 c、3 6 2 dおよび駆動電極3 6 4 a、3 364 cに電圧を印加すれば、第一の電極支持部352 64dを接地電位に保った状態で、駆動電極364b、 は第二の電極支持部354に対して左回りにねじれる。 て、右回りにねじれる。

【0083】図26と図27に示される第三の単位駆動 第一と第四の対の複地電極と歴動電極および第二と第三 業子350は、左回りと右回りの両方向への回転のため の対の接地電極と駆動電極を有しているが、左回りまた は右回りのいずれか一方への回転のみが要求される用途 においては、第三の単位限動業子350は、可動アーム 302の他に対して個対象に配置された川対(例えば第 **一と第四の対)の後地電極と駆動配権を有してさえすれ** に、三巻アー4302の亀になした魯科株に昭興かれた ばない。

4、354と連結されている。このようにして複数の単 【0084】第一ないし第三の単位駆動素子310、3 30、350の第一の電極支持部312、332、35 2は、それに隣接する第一ないし第三の単位駆動案子3 10、330、350の第二の職極支持部314、33 位駆動業子が直列的に接続されている構造体(すなわち 可動ピーム302)は、彼述するように、半導体製造プ ロセスを適用して、シリコン基板から作製される。 20

[0085] 図22~図27に示される第一ないし第三 の単位駆動案子の各々において、第一の電極支持部と第 二の電極支持部とパネ部と接地電極と駆動電極は共に主 にシリコンで構成されている。 慰慰舞極は酸化シリコン 際によって第二の電極支持部から偏気的に絶縁されてい る。また接地電極も酸化シリコン膜によって第一の電極 支持部から電気的に絶縁されている。

は、図22~図27に示されるように、第一の包括支持 時部と第二の電極支持部とバネ部から電気的に絶縁され **町と第二の配極支持部とパネ町の内部を通る配線構31** 8、358は、酸化シリコン膜によって、第一の電極支 8、338、358を存している。配線溝318、33 [0086]各単位駆動禁子310、330、350

には図示されていないが、第一の電極支持部と第二の観 た、降後する単位駆動第子の接地電極は、配線溝内を延 る。駆動電極はそれぞれコンタクトホールを介してCM OS回路と電気的に接続されている。また、隣接する単 位駆動業子の内部のCMO S回路同士は、配線溝内を延 [0087]また、各単位駆動業子は、図22~図27 極支持部の内部に形成されたCMOS回路を有してい **びる配線を介して互いに電気的に接続されている。ま** 40

【0088】さらに、本実施の形態の移転アクチュエー びる配線を介して互いに電気的に接続されている。

20

-1-

[0089]各単位駆動禁子310、330、350の 内部に散けられるCMOS回路は、既圧を印加する駆動 **電極の選択に使用される。図31に示されるように、C** MOS回路402は、シフトレジスタ404とラッチ回 MOSトランジスタ408のソース及びドレインには直 流電顔412および単位駆動衆子の駆動電極444がそ 路406とMOSトランジスタ408とを有している。 れぞれ接続されている。

[0091]以下このCMOS回路402の動作につい 彼されている。CMOS回路402内において、ラッチ [0090] また、MOSトランジスタ408のゲート はMOSトランジスタに対応するラッチ回路406に接 回路406はシフトレジスタ404内のノード418に 接続され、シフトレジスタ404内の各ノードは、各々 の駆動電極444に1対1で対応するものとする。

Sトランジスタを制御する事で、電弧412の電圧が任 転送されてきた入力パルスが駆動したい電極に対応する る。入力パルスはシフトレジスタ404により入力矯子 **側より順次転送されていく。シフトレジスタ404内を** シフトレジスタ内のノード418まで到達したら、ラッ 千回路コントローラ410を動作させ、各々のラッチ回 路406内部にシフトレジスタ内ノード418の配位債 報をラッチする。このラッチされた電位情報によりMO 【0092】まず、入力パルスを端子414から入力す 意の駆動電極444に印加される。

426で示される配線の他、接地電極442に接続され [0093] 本発明の実施の形態においては、図25お れ、パネ部336とパネ部356の内部に形成される配 スが予想されるが、各単位駆動素子に上記のCMOS回 る配線や、各回路に電圧および駆動のためのパルスを供 給する配線のみで済むため、配線溝が狭いことによる不 よび図21から示唆されるように、第二の単位駆動兼子 敬憐338と配錄溝358の幅が十分確保できないケー 路402を設けることにより、配線溝の内部を通る配線 は駆動電極の個数に依らず、図31の422、424、 330と第三の単位駆動案子350において、それぞ 具合は生じない。

一部となる。

6

【0094】各単位駆動業子の駆動電極は互いに電気的 に分離されているため、各単位駆動数子に対して独立に **戊圧を印加することができる。従って、可動ビーム30** 2の任意の箇所を変位させることができるともに、可動 ピーム全体の変位量を、電圧を印加する単位駆動案子の 因数によって思御することができる。 2

【0095】図32~図41は、本実施の形態の静電ア

クチュエーターの可動ピーム302の製造工程を示す斜 規図である。以下、図32~図41を奪服しながら、本 の製造方法について説明する。図32~図41には、可 実施の形態の静電アクチュエーターの可動ビーム302 動ピーム302のうち、第一の単位駆動繋子310と第 二の単位駆動案子330と第三の単位駆動案子350を ひとしずし合む哲分が描かれている。

b、508cと、駆動電極510a、510b、510 c とを形成する。接地配櫃508 a、508 b、508 [0096] まず図32に示すように、活性層と支持層 504と埋め込み酸化膜506を有するSOI 基板を用 意し、その活性層を、フォトレジスト (図示せず) 築を マスクとしてRIEやICPエッチングによって2回過 択的に除去することにより、接地電極508a、508 c はそれぞれ突出した接合部512を有し、駆動電極5 10a、510b、510cはそれぞれ突出した接合部 514を有している。

それぞれ、第一の単位駆動素子310の接地電極と駆動 それぞれ、第二の単位駆動森子330の接地電極と駆動 それぞれ、第三の単位駆動業子350の接地電極と駆動 電極になり、接地電極5086と駆動電極5106は、 電極になり、接地電極508cと駆動電極510cは、 [0097]接地電極508aと駆動電極510aは、

20

と頃め込み酸化膜526を有する別のSOI基板を用意 より、難択的に除去することにより、図33に示すよう に、**唯極支持**部528a、528b、528c、528 dと、電極支持部528bと電極支持部528cの間に 【0098】次に、同様に活性励522と支持層524 し、その活性層522を、図32の工程と同様の手法に 近びるパネ形成予定部530とを形成する。

3

[0099] 電極支持部528aは、第一の単位駆動業 子310の第一の電極支持部の一部となり、電極支持部 5286は、第一の単位駆動業子310の第二の配極支 特部と第二の単位駆動素子330の第一の電極支持部の 一部となり、電極支持部528cは、第二の単位駆動素 子330の第二の電極支持部と第三の単位駆動案子35 0の第一の電極支持部の一部となり、電極支持部528 d は、第三の単位駆動素子350の第二の電極支持部の

特部528aと電極支持部528bの間に残る薄い活性 案子330用であり、最終的に、第二の単位駆動案子3 チングは、埋め込み酸化膜526が露出する前で止めら れており、従って、電極支持部528aと電極支持部5 286の聞および電極支格部528cと電極支持部52 8 dの間には、薄い活性陽522が残っている。電極支 層522は、第一の単位駆動業子310用のパネ形成予 定部となり、最株的に、第一の単位駆動案子310のパ [0100] パネ形成予定部530は、第二の単位駆動 30のパネ即の一部となる。また、活性層522のエッ

ネ部の一部となる。また、電極支持部528cと電極支 は、第三の単位駆動業子350用のパネ形成予定部とな り、最終的に、第三の単位駆動業子350のパネ部の一 特部528dの間に残る薄い活性層522の中央部分

の形態においては、葉子内部にMOSトランジスタを形 成(後述)するため、多くの熱工程が必要となるが、熱 が確保される (F. Shimura, Semiconductor Silicon Cr ppma (OLD ASTM)の範囲のものを使用する。本実施 工程の条件によっては、シリコン中に含まれる格子関酸 下することが知られているが (阿部拳夫蕃、シリコン結 品とドーピング(九部(株)) P32)、 熱工程前の格 子間酸素濃度を10~28ppma (OLD ASTM) の範囲 に制御することにより、熱工程中による酸素析出が防止 され、アクチュエーターを構成するシリコンの機械強度 **【0101】図32および図33の工程において使用す** るSOI 基板の活性層には、初期酸素機度が10~28 素が折出することにより、格子間酸素濃度が低下する。 [0102] 格子開酸素濃度が10ppma (OLD ASI M) 以下に低下すると、シリコンの機械強度が怠激に低 ystal Technology (Academic Press Inc.), P320) .

[0103] 次に、図33の工程によって作製された構 造体の活性層522の表面に熱酸化膜532を形成した 後、図34に示すように、これを、図32の工程によっ て作製された構造体と接合する。

単位駆動発子330用のパネ形成予定部530が、その [0104]図34の構造体を部分的に破断して示す図 35に示されるように、これら二つの構造体は、第一の 単位駆動奏子310月のパネ形成予定邸534が、その 接地電極508aと駆動電極510aの中央に、第二の 接地電極508トと駆動電極510トの中央に、第三の 単位駆動業子350用のパネ形成予定部536が、その 後地電極508cと駆動電極510cの中央に来るよう こ、位限合わせされる。

【0105】次に支持層524をTMAH等により除去 した後、埋め込み酸化膜526をRIEによって除去す る。さらに、図36に示すように、フォトレジスト54 2をマスクとしてRIEによって、活性層522のシリ コンを一部除去することにより、配線溝544を形成す

ô

熱酸化を行ない、新たに形成された熱酸化酸の一部をフ オトレジストをマスクとしてパッファードフッ酸または RIEによって除去することにより、図31に示される 稚化膜マスク546を形成する。さらに図37に示すよ うに、酸化膜マスク546を介して、下層のシリコン5 22をTMAHによって除去することにより、凹部54 [0106] 次にフォトレジスト542を除去した後、

度熱酸化を行ない、図38に示される酸化シリコン酸5 [0107] 次に酸化膜マスク546を除去した後、再

特別2002-236263

9

フォトレジストをマスクとしてRIEによって除去する 50枚形成十る。さらに酸化シリコン脲550m-目や ことにより、図38に示されるCMOS形成領域552 のシリコンを輸出させる。

ルド酸化、ソースドレイン形成等を順次行ない、 CMO S形成領域552にMOSトランジスタを形成する。 次 の各端子および凹部548の底部に、コンタクトホール (図示せず)を形成した後、第一の実施の形態と同様の 【0108】続いて、ウエル形成、ゲート酸化、フィー に、CMOS形成領域に形成されたMOSトランジスタ 平法により、図38に示される配線554および層間絶 豪膜 (図示せず)を形成する。

28a、528b、528c、528dおよびパネ部5 58a、558b、558cの輪朝に沿って、不要な部 る。パネ問558g、558b、558cはそれぞれ第 【0109】次に、前工程で形成した層間絶縁順及び微 化シリコン膜 550を一部除去した後、これらをマスク として下層のシリコンをICPエッチング社によって除 去することにより、 図39に示すように、配極支持部5 **―~第三の単位駆動寮子310、330、350のパネ** 分のシリコン5 2 2 と酸化シリコン膜 5 3 2 を除去す 部の一部となる。

[0110] さらに埋め込み酸化膜506が韓出してい る部分のうち面積の広い箇所に、ポリイミド膜560を スクリーン印刷法等の方法により成廃する。

対してミラー対称になるよう位置合わせを行った後、両 【0111】次に図40に示すように、図39の工程で 形成された構造体562を二つ、各々の構造が接合面に 者を接合する。この接合は、構造中に使用している配線 村の融点やポリイミドの熱分解復度より低い温度で行な う。さらに支持層504を除去する。支持層504の除 去は、アクチュエーターの形成されている空間564を **肖止した状態で、TMAH等を使用して行なう。**

30

[0112] ポリイミド膜560は、第一の実施の形態 る。最後に埋め込み酸化膜506及びポリイミド膜56 0をR1日によって除去することにより、図41に示さ れるように、第一ないし第三の単位駆動業子310、3 30、350をひとつずつ名む可動とーム302の一部 と回接、埋め込み酸化膜506の補強材として機能す が完成する。

[0113] なお、配粉溝544の装面荒れにより、後 L程で形成するCMOS回路の特性に悪影響を及ぼす場 を、処極溝形成の際のシリコンエッチングの停止層とし 三層のシリコンと二層の埋め込み酸化膜を有するSOI 合は、図33の工程において、スタートウエハとして、 **塔板を使用することにより、埋め込み酸化順のひとつ**

め、その図示は省略されているが、第二の実施の形態に 【0114】第二の寅施の形態のピーム支持郎は、第一 の実施の形態のピーム支持部とほぼ同じ構造であるた

S

アーム支持部は、第一の実施の形態と同様に、その に、配線が配線溝内面の上面と下面に形成されているた 内部に形成される給電パッドへの観気的接続のための関 おいても、これまでの製造方法の説明から分かるよう ロ部が上面と下面に形成されている。

しずし独立に慰御口語かあるのか、回動アームの任前の は、可動ビームが直列的に接続された複数の単位駆動素 く変位させることができる。また、単位駆動素子がひと 部分を変形させることができる。駆動する単位駆動素子 の個数を変更することにより、可動ビームの全体の変位 【0115】本実施の形態による静電アクチュエーター 子を有しているので、可動ビームを十分な駆動力で大き 量を、D/A変換を行なうことなく、デジタル回路によ り直接制御することができる。

アームや歩行機構、カテーテル、光スイッチ、等様々な 【0116】また、可動アームは、複数の種類の単位駆 動業子を含んでいるため、本実施の形態による静電アク チュエーターは、複数の循鎖の変位、例えば、上下方向 や左右方向への反り、ねじれの変位を発生し得る。この ため、マイクロファクトリーおよびマイクロロボットの 用途への応用が可能である。

【0117】 [ミラーアレイ] 続いて、本発明の別の側 は、最初に、ミラーアレイの背景について述べ、その後 で、ミサーアフィの具体的な実施の形態についた述べ 面であるミラーアレイについて説明する。 続く説明で

に、スリット1102と、コリメーター1104と、プ より駆動するミラーアレイを利用した小型の分光装置が リズム1106と、空間光変調器1108と、集光ミラ 【0118】特開平6-207853号には、静電力に 開示されている。この分光装置は、図53に示すよう 一1110と、検出器1112とを有している。

財する。従って、空間光変観器1108によって、特定 によって分光された光は、入射光に含まれる光の波要毎 出力することにより、ピンホール1102に入射した光 **【0119】図53において、スリット1102を憑過** した光は、コリメーター1104によって平行光東に変 換され、プリズム1106によって分光された後、空間 光変闘器1108に入射する。ここでプリズム1106 に固有の角度に方向付けられるので、互いに被畏の異な 5 光成分は、空間光変調器1108上の異なる位置に入 の位置に入射した光のみを集光ミラー1110に向けて から特定の被長の光のみを検出器1112で検出するこ

像に入射した複数の光を異なる方向に同時に出力できる が、このうちミラーアレイは、損失が小さく、異なる位 という長所を有している。このミラーアレイを使用した [0120]空間光変調器1108としては、ミラーア レイ、シャッターアシイ、ワイルターアレイ箱がある

ror Device) が特階2000-28937号等に開示さ

[0121] DMDは、図54に示すように、駆動電極 1202と、毎地電極1204と、トーションバーポス ト1206と、トーションパー1208と、ミラーポス ト1210と、ミラー1212とを有している。 [0122]接地電極1204は、導電性の弾性体から 成る一対のトーションパー1208によった、傾向可能 に支持されている。トーションパー1208は、導電性 の一対のトーションバーポスト1206によって支持さ れており、接地電極1204は、トーションバー120 8 とトーションバーポスト 1 2 0 6 を介して設置電位に 保たれる。また、接地電極1204にはミラーポスト1 210が取り付けられており、ミラーポスト1210に はミラー1212が固定されている。駆動電極1202 は、接地電極1204に対向して、接地電極1204の 偏向軸に対して互いに対称な位置に一枚ずの配置されて 53

[0123] DMDにおいて、図55に示すように、接 地電極1204および一方の駆動電極1202aを接地 した状態で、他方の駆動電極12025に電源1220 により電圧を印加すると、接地電極1204と駆動電極 12026の表面に互いに極性が逆の電荷1224、1 222が誘起され、電荷1224と電荷1222の間に 作用する静電力により、接地電極1204の片側が駆動 電極1202bの方向に引き寄せられる。このためミラ **ーポスト1210を介して接地電極1204に固定され** たミラー1212が傷向し、ミラー1212によって反 射される光の方向が変化する。

【0124】ミラー1212は、図54に示されるよう に、二次元的に配列されており、このうち特定のミラー 1212を、図53中の集光ミラー1110の方向に偏 向させることにより、図53の分光装置は、特定の故長 の光のみを選択的に検出できる。

は、空間光変闘器1108の表面において、図56に示 すように畏径1232および短径1234を有する長円 【0125】図53中の分光器1106を透過した光束 **状の飯袋1236に投影される。ここで、飯墩1236** に投影された光のうち彼長の異なる成分は、領域123 6の長径方向に分離されるため、長径方向が図56のX X方向におけるミラーの位置が、空間光変調器から出力 方向に揃うようプリズムや空間光変調器を配置すると、 される光の液長に対応する。

[0126] 図53において、空間光変調器1108か **ら集光ミラー1110の方向に出力される光には、所望** の被長の光以外に、図56において、解検するミラー1 [0127] この不具合は、図57に示すように、一方 れ、この散乱光は、検出信号のS/N比を劣化させる。 212の端面1242からの散乱光が迷光として台ま

域される。すなわち、図57に示すように、空間光変闘 器のミラーを、一方の辺の長さが領域1236の短径よ り長いミラー1252に変更することにより、隣接する ミラーの塩面からの数乱光はy方向に反った絡困125 6からの散乱光のみとなり、X方向に沿った矯固125 1からの散乱光が消失するため、迷光が低減される。

一に遊られるため、信号強度が低下する。従って、ミラ と、ミラー1252からの反射光の一部が解接するミラ -1252は、図56のX方向を軸として、傾向させる [0128] このような空間光変調器においては、図5 7のY方向を軸として、ミラー1252を偏向させる

動電極と接地電極の間隔が同じであれば、その偏向角は 空間光変調器1108と、集光ミラー1110や検出器 1112との距離を長くしなければならず、これは、不 [0129] そのための駆動機構すなわちDMDは、図 58に示すように、ミラー1252と駆動電極1262 と接地電極1264が、ミラー偏向軸に直交する方向に 接地電極1264の端面と駆動電極1262が接触する 角度より大きい角度には偏向できない。このため、図5 8の駆動機構は、図54の駆動機構と比較した場合、駆 小さくなる。このため、図53の分光装置においては、 比較的長い寸法を持つようになる。ミラー1252は、 所望な光学系の寸法の増大を招く。

の間隔を増大した場合、十分なミラー1252の駆動力 1252の大きい偏向角を得るには、駆動電極1262 の電極間に作用する静電引力は電極間隔の二乗に比例し て減少するため、駆動電極1262と接地電極1264 【0130】また、図58の駆動機構において、ミラー と接地電極1264の間隔を大きくすればよいが、両者 を確保できなくなる。

[0131] 電極間に作用する静電力は印加電圧の二乗 の間に印加する電圧を増大させることにより、前述の電 極間隔の増大による静電引力の低下を補うことが可能だ が、電圧には、各電極間または電極に接続される配線間 の静電耐圧により制限される上限が存在するため、印加 に比例するため、駆動電極1262と接地電極1264 **電圧を無制限に増大させることはできない。**

の対を有している。

ている走査型顕微鏡のように、被長の異なる複数の光を [0132] さらに特閣平6-207853に開示され 同時に検出したい場合には、図59に示すように、空間 光変調器1302は、これに対して異なる方向に配置さ かし、DMDにおいては、駆動電極と接地電極間に作用 する静電引力は印加電圧に対してリニアに変化せず、ま ため、ミラーの角度を複数の異なる一定値のいずれかひ **れた複数の検出器1304、1306、1308のいす** れかひとつに対して、光東を方向付ける必要がある。 とつに正確に制御することは極めて困難である。

20 【0133】本発明のミサーアレイは、上述した本発明

特別2002-236263

2

の静電アクチュエーターを利用することにより、このよ うな技術的な困難を克服したものであり、ミラーの角度 ることができる。以下、本発明のもうひとつの倒面であ を複数の異なる一定値のいずれかひとつに正確に制御す るミラーアレイの実施の形態についた説明する。

[0134] [第三の実施の形態] 本発明の第三の実施

の形態であるミテーアフィにして、の面を存取しながら [0135] 図42に示されるように、本実施の形態の **ミターアレイは、複数の可動と一4602と、複数の**向 動ど一ム602を片棒ちに支棒するピーム支棒部604 **と、中島アーム602の今ヶの田田稲田に取けられた数** 数のミラー606とを有している。ミラー606は、可 **勢アーム602の魯に売りた笛敷で簡甲形状や植つたい** 9

【0136】 **四割と**一4602*0*各々は、図43に示さ れるように、直列的に接続された複数の単位駆動案子6 10を有している。単位駆動案子610の各々は、第一 の電極支持部612と、第二の電極支持部614と、こ れら一対の観衝支辞部612、614を連結するパネ部 **円勢アーム602の魯に治した、女互に労向やた街んた** いる。パネ部616は、可動ピーム602の軸に直交す 616とを有している。複数の単位駆動器子610は、 る方向にたわみ得るたわみパネである。

[0137] 第一の電極支枠町612は、二つの街地電 極6228、622bを含んでおり、第二の種極支持部 614は、二つの駆動電極624a、駆動電極624b は、パネ部616のたわみ得る方向に関いて向き合って と、パネ節616のたわみ得る方向に関隔をおいて向き 合っている接地電極6226と駆動電極6246の第二 を含んでいる。 つまり、ひとつの単位駆動業子 610 いる接地配極6228と駆動電極6248の第一の対 2

[0138] この単位駆動探子610は、第一の奥施の 【0139】 可動と一ム602は、その軸に売った内部 を延びる配線溝632を有しており、各単位駆動兼子6 10の駆動電極624a、624bおよび接地電極62 28、6225は、コンタクトホールを介して、配銀牌 632の中を延びる配線634と電気的に接続されてい 形態の単位駆動森子110と英質的に同じものである。

の耳をアーム602になつたークのCMOS回路640 を有している。CMOS回路640は、配線634を介 して、駆動電極624g、624bと観気的に接続され ている。CMOS回路640は、ピーム支枠町604に 形成された配線溝642の中を近げる配線644を介し [0140] ピーム支持部604は、その内部に、 て、隣のCMOS回路と電気的に被続されている。

[0141] CMOS回路640は、可急アー4602 の任意の単位駆動案子610の駆動電極624a、62

向に長い短冊状のミラーを直線状に並べることにより軽

30

始間光楽闘器の一つかして、DMD (Digital Micromir

に、可動ピーム602の変位量すなわちミラー606の るように、可動ピーム602は、単位駆動寮子610の 角度変位は、電圧を印加する単位駆動素子610の個数 【0143】本実施の形態のミラーアレイ600は、半 殷豊島極6248、6246~の亀圧の印加に応じて上 下方向に反り、その結果、可動ピーム602の自由端部 [0142] このような本実施の形態のミラーアレイ6 00では、第一の実施の形態の説明から容易に理解でき に散けられているミラー606の角度が変わる。さら や位置を変更することにより、細かく制御ができる。

【0144】まず図44に示すように、活性層と支持層 **れる。その製造方法は、第一の実施の形態の静電アクチ** 9を移照しながら、簡単に説明する。図44~図49に 尊体製造プロセスを適用して、シリコン基板から作製さ ュエーターの製造方法と似ており、以下、図44~図4 4、可勢アーム602の先端の一つの単位既動装子とミ 704と埋め込み酸化膜706を有するSOI 基板を用 **貮し、その活性層を、フォトレジスト(図示せず)等を** ラーが描かれている。

四勢パーオに赵杼つた、回? 言鞣敬つた複数討くのむた マスクとしてRIEやICPエッチングによって2回避 と接合節714の組は、形成する隣接して延びる複数の 択的に除去することにより、駆動電極112とそこから [0145] 駆動電極712と接合部714は、形成す る可動ピームの延びる方向に沿って複数形成され、さら に、一本の可動アームに対応する複数の駆動電極712 突出している複合部714を形成する。

形成される。

[0147] 接地電極732と電極ポスト734は、形 【0146】次に、同様に活性層722と支持層724 と埋め込み酸化膜726を有する別のSOI基板を用意 し、その活性層722を、図44の工程と同様の手法に より、選択的に除去することにより、図45に示すよう に、接地電極732と電極ポスト734と可動板736 を形成する。活性層122のエッチングは、埋め込み酸 化膜126が露出する前で止めて、接地電極132と電 さらに、一本の印動アームに対応する複数の駅動電極1 12と複合部714の粗と可動板736は、形成する隣 成する可動が一ムの紙びる方向に治りた複数形成され、 極ポスト134の間に残る薄い活性層122を残す。

ma (OLD ASTM) の範囲のものを使用するとよい。これ 後して近びる複数の可動と一ムに対応して、互いに隣接 [0148] 図44と図45の工程において使用するS ○1 基板の活性層には、初期酸素濃度が10~28 p p して複数並べられて形成される。

森徹度の低下を抑えて、シリコンの機械強度を確保する

表面に熟酸化膜742を形成し、同様に図45の工程で [0149] 次に、図44の工程で作製された構造体の 後、図46に示すように、接合即714と電極ポスト7 作製された構造体の表面に熱酸化膜744を形成した 3.4を接触させて、両者を互いに接合する。 [0150] 次に支持層124をTMAH等により除去 図47に示すように、配線溝752と凹部754を形成 した後、酸化シリコン膜156を形成した後、形成する した後、埋め込み酸化膜726をRIEによって除去す る。さらに、シリコンを選択的にエッチング加工して、 可動ど一ムの間に相当する部分を強択的に除去する。

【0151】次に、支枠部を形成する領域に、ウエル形 等を順次行ない、CMOS回路を形成する。次に、CM トホールを形成する。さらにスパッタリング独等によっ **成、ゲート酸化、レメールド酸化、ソーメドレイン形成** OS回路の各端子および凹部754の底部に、コンタク **トアルミニウム毎の導体膜を形成した後、この導体膜の** 図48に示されるように、駆動電極に接続される配線7 6.2 およびCMO S回路に接続される配線 (図示せず) 一部をフォトレジスト等を介して除去することにより、 を形成する。さらに必要に応じて層間絶縁膜を形成す 20

って除去することにより、隣接する接地電極132と電 【0152】さらに、酸化シリコン膜156をマスクに して、韓田しているシリョンをICPエッチング法によ 極ポスト734と可動板736を互いに切り離す。

意し、これら二つの構造体を、酸化シリコン膜756の 【0153】図48の工程で形成された構造体を二つ用 面を向かい合わせ、篏合面に対して両者がミラー対称と は、構造体に使用している配線材の融点よりも低い温度 に、互いに隣接して延びている複数の可動と一ム602 で行なう。さらに支持層104および埋め込み酸化膜1 なるように位置合わせして互いに接合する。この接合 06を除去する。これにより、図49に示されるよう を有する構造体が得られる。 30

的に金属膜を形成して反射面764を形成する。その結 方の支持層704について、その前工程で形成される酸 化シリコン膜を部分的に残して置き、これをマスクに支 特層104をエッチングすることにより、図43に示さ [0155] 最後に、可動板736の表面に対して遊択 図49に示されるように、隣接して延びてる複数の 可動ビーム602を有し、その各々の自由端からミラー 606が連続して延びている構造体すなわちミラーアレ れるアクチュエーター支持部764を同時に形成する。 [0154]支持層704を除去する工程に関して、 イが得られる。 40

[0156] なお、配線溝152の表面荒れにより、後 工程で形成するCMOS回路の特性に悪影響を及ぼす場

20

Sトランジスタを形成する際の加熱処理による格子間酸

は、第二の実施の形態に関連して税明したように、MO

合は、図45の工程において、スタートウエハとして、

を、鶴極溝形成の際のシリコンエッチングの停止層とし 王層のシリコンと二層の埋め込み酸化膜を有するSOI **基板を使用することにより、埋め込み酸化膜のひとつ** て使用してもよい。 [0157] [第四の実施の形態] 本発明の第四の実施 の形態である、サーアフイについて図面を存取しながら

ミラーアレイ800は、複数の可動ビーム802と、複 数の可動ピーム802を片棒ちに支持するピーム支持部 804と、可動ビーム802の各々の自由端部に設けら [0158] 図50に示されるように、本実施の形態の れた複数のミラー806とを有している。ミラー806 は、可動ど一4802の軸に沿りて御展で短田形状を有

れら一対の電極支持部812、814を連結するパネ部 [0159] 可動ビーム802の各々は、図51に示さ れるように、直列的に接続された複数の単位駆動案子8 の電極支持部812と、第二の電極支持部814と、こ る。パネ部816は、可動ビーム802の軸に直交する 10を有している。単位駆動案子810の各々は、第一 816とを有している。複数の単位駆動案子810は、 11勢ピー4802の触に沿った、回り厄かが掛んたい 方向にたわみ得るたわみパネである。

いる。すなわち、単位駆動業子810は、接地電極と駆 電極8248の第一の対と、接地電極8226と駆動電 [0160] 第一の電極支持部812は、二つの接地電 極822a、822bを含んでおり、第二の電極支持部 814は、二つの駆動電極824a、824bを含んで 動電極の対を二つ、すなわち、接地電極8228と駆動 極824bの第二の対とを有している。

24a、8246は共に複数の歯を有する櫛形鵯樋であ り、それぞれの対を成している櫛形電桶は、一方の歯が [0161] 接地電極822a、822bと駆動電極8 他方の歯の間に入り込んでおり、各対の櫛形鵯極の歯は 共に可勢 アーム802の魯に売った崩がたこめ。

[0162] この単位駆動繋子810は、第二の実施の **杉態の第一の単位駆動素子310と実質的に同じもので** [0163] 図52に示されるように、可動ビーム80 コンタクトホールを介して、駆動電極822a、822 2は、その軸に沿って内部を延びる配線溝832を有し 第一の電権支持部812と第二の電極支持部814とパ ネ部816の内部を通る延びる配線費832を有してい 同様に、ビーム支持部804の内部に散けられていても 第二の実施の形態と同様に、CMOS回路が形成されて いる。あるいは、CMOS回路は、第三の実施の形態と よい。 CMO S回路の猫子は、図示しない配線によって ている。 酉い換えれば、単位駆動奪子810の各々は、 5。各単位駆動業子810の配線溝832の内部には、

特別2002-236263

2

5 と何気的に接続されている。

[0164] また、配線溝832の上下面には、可動ビ - 4802の軸に沿って近びる配款834が形成されて おり、各単位駆動業子810のCMOS回路や接地電極 8228、822bの相互間の観気的接続が取られてい り、その配線溝の中を外部回路との観気的接続のために る。また、配練834は、第三の実施の形態と回線に、 女枠町804の内部に形成された配線弾虫で延びてお

[0165] CMOS回路は、可動ビーム802の任意 の単位駆動案子810の駆動電極824a、824bに 強択的に電圧を与えるための回路であり、これは、第二 の実施の形態において図31を参照して説明したCMO S回路と同じものである。

延び、あるいは、その配鉄溝を介して他の可動ピームの

配線と電気的に接続されている。

9

[0166] このような本実施の形態のミラーアレイ8 00では、第一の実施の形態の説明から容易に理解でき るように、可動と一ム802は、単位駆動棄子810の 駆動電極8248、8246への電圧の印加に応じて上 下方向に反り、その結果、可動ピーム802の自由端部 に、可動ビーム802の変位量すなわちミラー806の 角度変位は、電圧を印加する単位駆動第子810の個数 に散けられているミラー806の角度が変わる。さら や位置を変更することにより、細かく制御ができる。

【0167】本実施の形態のミラーアレイ800も、第 三の実施の形態と同様に、半導体製造プロセスを利用し トシリコン基板から製造される。第二の実施の形態と剪 三の実施の形態の説明から容易に顕推できるように、第 二の実施の形態において詳しく説明した第一の単位駆動 菓子310を、形成する複数の可動ビームの各々の軸に **売った複数値ずり並べた形成するとともに、第三の政権** の形態で説明したように、その先端部に可動板を一緒に 形成することにより製造することができる。

8

[0168] これまで、いくつかの実施の形態についた 図面を参照しながら具体的に説明したが、本発明は、上 述した実施の形態に限定されるものではなく、その要旨 [0169] 従って、本発明は以下の各項に記す静電ブ を逸脱しない範囲で行なわれるすべての実施を含む。 クチュエーターあるいはミラーアレイを含んでいる。

[0170] 1. 静電力により駆動される静電アクチ 4 Hーターかもりた、巨勢アーイと、巨勢アーイを干杯 ちに支持するピーム支持部とを有しており、可動ピーム は、道列的に接続された複数の単位駆動案子を有してお り、単位駆動素子は、一対の電極支持部と、一対の電極 支持部を連結するパネ部と、電極支持部の各々に設けら れた少なくとも一対の電極要報とを有している、静電ア 9

単位駆動業子は、電極支持部の各々 に散けられた二対の電極要素とを有している、第1項に 記載の静電アクチュエーター。 [0171] 2. クチュエーター。

20

複数の単位駆動器子は、可動と一ム

[0172] 3.

の延びる方向に沿って、交互に逆向きで並んでいる、第 の延びる方向に沿って、同じ向きで並んでいる、第1項 [0173] 4. 複数の単位駆動素子は、可動ビーム 1項または第2項に記載の静電アクチュエーター。 または第2項に記載の静電アクチュエーター。

[0175] 6. 一対の位極要素は一対の簡形包値で [0174] 5. 一対の配極要素は一対の平板配権で あり、一対の平板電極は間隔を置いて向き合っている、 あり、一対の櫛形電極はそれぞれ複数の歯を有してお 第1項または第2項に記載の静電アクチュエーター。

01

り、一方の樹形亀橋の歯は他方の櫛形鵯橋の歯の間に延 びている、第1項または第2項に記載の静電アクチュエ [0176] 7. 「四型アームは、少なくとも一つの紙 方向にたわみ得るたわみパネである、第1項または第2 は、そのパネ部が、可動ピームの延びる方向に直交する **一の単位駆動素子を有しており、第一の単位駆動業子** 頃に記載の静電アクチュエーター。

【0177】8. 巨型アームは、少なヘカセーしの斑 二の単位駆動素子を更に有しており、第二の単位駆動業 子は、そのパネ部が、可動ピームの近び各方向に直交す る方向にたわみ得るたわみパネであり、第二の単位駆動 **案子のパネ部がたわむ方向は、第一の単位駆動案子のバ** ネ部がたわむ方向に直交している、第1項または第2項 に記載の静電アクチュエーター。

延びる軸の周りにねじれ得るねじれパネである、第1項 [0178] 9. 可動アームは、少なへとも一つの斑 三の単位駆動森子を更に有しており、第三の単位駆動紫 子は、そのパネ部が、可動と一ムの延びる方向に治って または第2項に記載の静電アクチュエーター。

茶子のパネ部がたわむ方向は、第一の単位駆動茶子のパ 乗子を有している第1項または第2項に記載の静電アク は、そのパネ部が、可動ビームの延びる方向に直交する ネ部がたわむ方向に直交しており、第三の単位駆動案子 は、そのパ本部が、可動アームの近びる方向に治った斑 【0179】10. 両磐万一々は、第一ないつ第川の 単位駆動素子から選ばれる少なくとも一種類の単位駆動 方向にたわみ得るたわみパネであり、第二の単位駆動素 子は、そのパネ部が、可動ピームの延びる方向に直交す る方向にたむみ得るたわみパネであり、第二の単位駆動 チュエーターであって、ここに、第一の単位駆動繋子 びる軸の困りにねじれ得るねじれパネである。

[0180]11. 再製アーオは、独一ないし桜川の 単位駆動森子から適ばれる少なくとも二種類の単位駆動 森子を有している第1項または第2項に配載の静電アク は、そのパネ部が、可動と一ムの延びる方向に直交する 方向にたわみ得るたわみパネであり、第二の単位駆動素 チュエーターであって、ここに、第一の単位駆動署子

ュエーター。

は、そのパネ部が、可動ビームの延びる方向に拾って延 る方向にたわみ得るたわみパネであり、第二の単位駆動 紫子のパネ部がたわむ方向は、第一の単位駆動紫子のパ ネ部がたわむ方向に直交しており、第三の単位駆動兼子 びる軸の周りにねじれ得るねじれパネである。

回動アームは、第一ないし第三の 得るたわみパネであり、第二の単位駆動寮子は、そのパ ネ部が、可動ビームの延びる方向に直交する方向にたわ み得るたわみパネであり、第二の単位駆動業子のパネ部 **しかあった、いこに、第一の単位堅動繋子は、そのパネ** 部が、可動ビームの延びる方向に直交する方向にたわみ がたわむ方向は、第一の単位駆動寮子のパネ部がたわむ 方向に直交しており、第三の単位駆動器子は、そのパネ 部が、可動ピームの延びる方向に沿って延びる軸の周り 単位駆動案子から選ばれる三種類の単位駆動案子を有し ている第1項または第2項に記載の静電アクチュエータ にねじれ得るねじれバネである。 [0181] 12.

動アームの類びる方向に治って類びたおり、一粒の歯形 5、パネ部がたわむ方向に外れて位置している、第7項 第一の単位駆動業子は少なくとも れ複数の歯を有し、一方の櫛形電極の歯は他方の櫛形電 極の歯の間に入り込んでおり、一対の櫛形鵯極の歯は可 一対の櫛形電極を有しており、一対の櫛形電極はそれぞ ないし第12項のいずれかひとつに記載の静電アクチュ 電極は、可動と一ムの延びる方向に沿って延びる軸か [0182] 13.

2

びる方向に沿って延びる軸を通り、パネ部がたわむ方向 頃ないし第12項のいずれかひとつに記載の静電アクチ 第一の単位駆動素子は二対の簡形 鶴極を有しており、二対の櫛形鵯極は、可動ピームの延 に直交する平面に対して、面対称に位置している、第7 [0183] 14. ュエーター。

8

【0184】15. 第二の単位駆動器子は少なくとも 二対の櫛形亀極を有しており、各一対の櫛形亀極はそれ ぞれ複数の歯を有し、一方の櫛形電極の歯は他方の櫛形 電極の歯の間に入り込んでおり、各一対の櫛形電極の歯 の櫛形電極は、可動ビームの延びる方向に沿って延びる 7項ないし第12項のいずれかひとつに記載の静電アク は可動と一ムの延びる方向に沿って延びており、各一対 軸から、パネ部がたわむ方向に外れて位置している。

第二の単位駆動素子は四対の櫛形 **関極を有したおり、四対の梅形陶価は、可動が一人の斑** びる方向に沿って延びる軸を通り、パネ部がたわむ方向 頃ないし第12項のいずれかひとつに記載の静電アクチ に直交する平面に対して、固対称に位置している、第7 [0185] 16.

チュエーター。

Ê

[0186] 17. 第三の単位駆動素子は少なくとも 二対の櫛形電極を有しており、各一対の櫛形電極はそれ ぞれ複数の歯を有し、一方の櫛形鬼種の歯は他方の櫛形

関極の歯の間に入り込んでおり、各一対の櫛形魁権の歯 は可動と一ムの延びる方向に直交する方向に沿って延び **たおり、 「対の櫛形鵯栖は、 可動 ヒームの延びる方向に** 拾って近びる軸から対称的に外れて位置している、第7 頃ないし第12頃のいずれかひとつに記載の静観アクチ

びる方向に治って飛びる軸に対して軸対称に位置してい る、第7項ないし第12項のいずれかひとつに配載の静 [0187] 18. 第三の単位駆動業子は四対の櫛形 臨極を有しており、四対の櫛形臨極は、可動ピームの追 電アクチュエーター。

[0188] 19. 静電アクチュエーターは、格子間 酸聚橡度が10ppma(OLD YSTM)以上であるシリコン から構成される、第1項ないし第18項のいずれかひと **しに記載の静電アクチュエーター。**

シリコン基板に含まれる初期の格 子同酸素濃度が10~28ppm a (OLD ASTM)の範囲内 にある、第19項に記載の静電アクチュエーターの製造 [018.9] 20.

[0190] 21. 静電力により駆動されるミラーア フムかぜした、複数の口電パーイか、複数の口髱パーイ を片棒もに支棒するアーム支棒間と、可動アームの各々 可動ビームの各々は、直列的に接続された複数の単位駆 動業子を有しており、単位駆動業子は、一対の包権支持 部と、一対の電極支持部を連結するパネ部と、電極支持 即の各々に設けられた少なくとも一対の電極要楽とを有 の自由端部に散けられた複数のミラーとを有しており、 している、ミラーアレイ。

々に設けられた二対の電極要類とを有している、第21 [0191] 22. 単位駆動案子は、電極支持部の各 頃に記載のミラーアレイ。

[0192] 23. 複数の単位駆動素子は、可動と一 ムの延びる方向に沿って、同じ向きで並んでいる、第2 1項または第22項に記載のミラーアレイ。

[0193] 24. 複数の単位駆動案子は、可動ビー [0194] 25. 一対の電極要素は一対の平板電極 ムの矩びる方向に沿って、交互に逆向きで並んでいる、 第21項または第22項に記載のミラーアレイ。

り、一方の梅形電極の歯は他方の梅形電極の歯の間に延 [0195] 26. 一対の電極要素は一対の櫛形電極 であり、一対の櫛形電極はそれぞれ複数の歯を有してお びている、第21項または第22項に記載のミラーアレ であり、一対の平板電極は間隔を置いて向き合ってい る、第21項または第22項に記載のミラーアレイ。

ミラーの向きの可動範囲を広く、ミラーの向きを印加電 し、その変位を印加電圧により正确に制御できる静電ア クチュエーターが提供される。また、本発明によれば、 [発明の効果] 本発明によれば、大きい可動範囲を有

特限2002-236263

9

圧により圧隆に慰御できるミラーアレイが敬供される。 (図面の簡単な説明)

【図1】本発明の第一の実施の形態である静電アクチュ

[図2] 図1に示される可動と一ムに含まれる直列的に エーターの全体斜視図である。

【図3】図1に示される可動と一ムの一部を拡大して示 接続された複数の単位駆動寮子を模式的に示している。 1.斜視図である。 [図4] 図3に示される可動アームの一部の部分断酒鈴 視図である。

2

【図5】図1に示される可動ピームの一部とピーム支持 [図6] 図5に示されるピーム支持部の一部を破断して **町を打大したボナ蛇紋図がある。**

[図7] 第一の奥施の形態の静電アクチュエーターの動 作を説明するための図である。

示している。

【図8】 第一の実施の形態の静気アクチュエーターの可 助ビームの製造方法を説明するための図であって、最初 の工程を示している。 【図9】第一の実施の形態の静魄アクチュエーターの可 動ビームの製造方法を説明するための図であった、図8 の工程に続く次の工程を示している。 20

【図10】第一の実施の形態の静電アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図 9の工程に続く次の工程を示している。

【図11】第一の実施の形態の静配アクチュエーターの 耳動アームの製造方法を説明するための図であって、図

【図12】 第一の実施の形態の静電アクチュエーターの 10の工程に続く次の工程を示している。

[図13] 第一の実施の形態の静観アクチュエーターの 可動ゲームの製造方法を説明するための図であって、図 **川島アームの製造方法を説明するための図らをした、** 11の工程に続く次の工程を示している。 30

[図14] 第一の実施の形態の静電アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図 12の工程に続く次の工程を示している。

[図15] 第一の実施の形態の静観アクチュエーターの 可動ピームの製造方法を説明するための図であって、 14の工程に続く最後の工程を示している。 13の工程に続く次の工程を示している。

[図16] 第一の実施の形態の静観アクチュエーターの ピーム支持部の製造力法を説明するための図であって、

[図17] 第一の実施の形態の静配アクチュエーターの 図13の工程に対応する工程を示している。

アーム支持部の製造方法を説明するための図であって、

[図18] 第一の実施の形態に関する第一の変形例の静 **電アクチュエーターの可動と一ムを部分的に示す斜視図** 図15の工程に対応する工程を示している。

【図19】 第一の実施の形態に関する第二の変形例の静

S

-15

20

子は、そのパネ部が、可動と一ムの延びる方向に直交す

3

[図20] 図19に示される可動ビームに含まれる直列 的に接続された複数の単位駆動素子を模式的に示してい [図21] 本発明の第二の虫摘の形態である静電アクチ 【図22】図21に示されるひとつの第一の単位駆動案 4.エーターの可動に一ムを部分的に示す斜視図である。

[図23] 図22に示される第一の単位駆動兼子の部分 子の斜視図である。 新面斜視図である。

01

[図24] 図21に示されるひとつの第二の単位駆動票 子の料理図である。 [図25] 図24に示される第二の単位駆動素子の部分 斯面斜視図 かある。

【図26】図21に示されるひとつの第三の単位駆動器 子の斜視図である

[図27] 図26に示される第三の単位駆動繋子の部分 所面斜視図である。 [図28] 図22と図23に示される第一の単位駆動素 子の動作を説明するための図であり、直列的に接続され た四個の第一の単位駆動業子の側面図である。

[図29] 図24と図25に示される第二の単位駆動業 子の動作を説明するための図であり、直列的に接続され

【図30】図26と図27に示される第三の単位駆動祭 た四個の第二の単位駆動業子の平面図である。

子の動作を説明するための図であり、可動ピームの軸に **治って見た断面図である。**

【図32】第二の実施の形態の静配アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、最 5 CMO S回路の構成を示している。

初の工程を示している。

【図31】第一ないし第三の駆動株子の内部に形成され

可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図 [図33] 第二の実施の形態の静電アクチュエーターの 32の工程に続く次の工程を示している。

可動と一ムの製造方法を説明するための図であった、図 【図34】第二の実施の形態の静電アクチュエーターの 33の工程に続く次の工程を示している。

【図35】図34に示される構造体を部分的に破断して

Ø [図36] 第二の実施の形態の静配アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、 34の工程に続く次の工程を示している。 【図37】第二の実施の形態の静化アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図 【図38】第二の実施の形態の静電アクチュエーターの 36の工程に続く次の工程を示している。

可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図

37の工程に続く次の工程を示している。

【図39】第二の実施の形態の静電アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図 38の工程に続く次の工程を示している。 【図40】第二の実施の形態の静電アクチュエーターの 可動ビームの製造方法を説明するための図であって、図

【図41】図32ないし図40の工程を経て完成された 39の工程に続く最後の工程を示している。

第二の実施の形態の静電アクチュエーターの可動ビーム の斜視図である。 [図42] 本発明の第三の実施の形態であるミラーアレ イを部分的に示す斜視図である。 【図43】図42に示される回覧アームとアーム支格部 を拡大して示す図であり、ピーム支持部を部分的に破断 して示している。

ムとミラーの製造方法を説明するための図であって、最 [図44] 第三の実施の形態のミサーアフィの巨動アー 初の工程を示している。

ムとミラーの製造方法を説明するための図であって、図 【図45】第三の実施の形態のミラーアレイの可動ビー 44の工程に続く次の工程を示している。

2

ムとミラーの製造方法を説明するための図であって、図 [図46] 第三の英楠の形櫛のミサーアレイの印動パー

ムとミラーの製造方法を説明するための図であって、図 [図47] 第三の実施の形態のミラーアレイの可勢ピー 45の工程に続く次の工程を示している。

ムとミラーの製造方法を説明するための図であって、図 【図48】 第三の実施の形態のミサーアレイの可動と一 46の工程に続く次の工程を示している。

[図49] 図44ないし図48の工程を経て完成された 第三の実施の形態のミラーアレイの可動どームとミラー 4.7の工程に続く最後の工程を示している。 の斜視図である。

[図50] 本発明の第四の実施の形態であるミラーアレ イを部分的に示す解視図である

【図51】図50に示される可動ビームを部分的に拡大 した示している。

【図52】図51に示される可動ビームを部分的に破断 した形したいる。

【図53】既に知られている分光器の構成を示してい

【図54】図53に示される空間光変輻器に適用可能な DMD (DigitalMicromirrorDevice) の基本構造を示す 破断斜視図である。

[図56] 分光装置において、プリズムによって投影さ [図55] 図54に示されるDMDの動作原理を説明す るための図である。

れる光に対する空間光変調器の好ましい配置関係を示し

ている。

[図57] 散乱光の低減のために、ミラーが短冊状の細 長いミラーに変更された空間光変調器を示している。

特開2002-236263

8

【図65】図62に示される静魄アクチュエーターの動 **乍を説明するための図であり、図64の状態の次に扱れ**

[図58] 図57に示される空間光変調器のミラーを駆 的するための駆動機構の基本構造を示している。 【図59】故長の異なる複数の光を同時に検出するため こ必要な構成を示している。

[図60] 最も単純な静電アクチュエーターの構成を示 [図61] 図60に示される静観アクチュエーターの動 LT1.5

[図62] 大きなストロークを有する既に知られている 作を説明するための図である。

【図63】図62に示される静電アクチュエーターの動 作を説明するための図であり、電圧が印加された直後の 降間アクチュエーターの斜視図である。

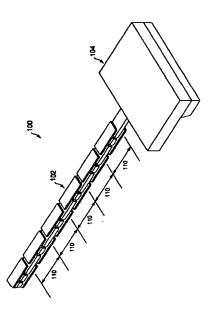
[図64] 図62に示される静電アクチュエーターの動 fを説明するための図であり、図63の状態の衣に扱れ る第一の駆動電極が基板に接触した状態を示している。 伏骸を示している。

[図66] 図62に示される静電アクチュエーターの動 乍を説明するための図であり、すべての駆動電極が基板 る第二の駆動電極が基板に接触した状態を示している。 に接触した状態を示している。 アーム対応的 110 単位駆動架子 102 可動アーム [符号の説明] 104 9

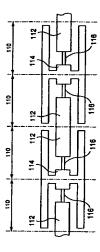
第二の電極支持部 112 第一の配極支枠部 116 パ本四 114

122a、122b 接地電極 124a、124b 駆動電極

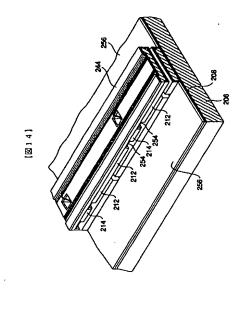
<u>図</u>

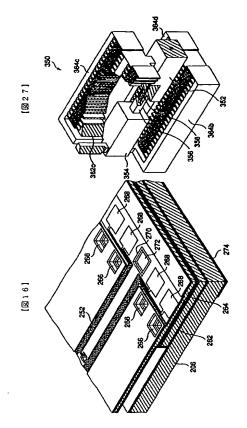


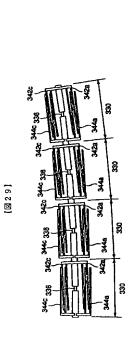
[図]



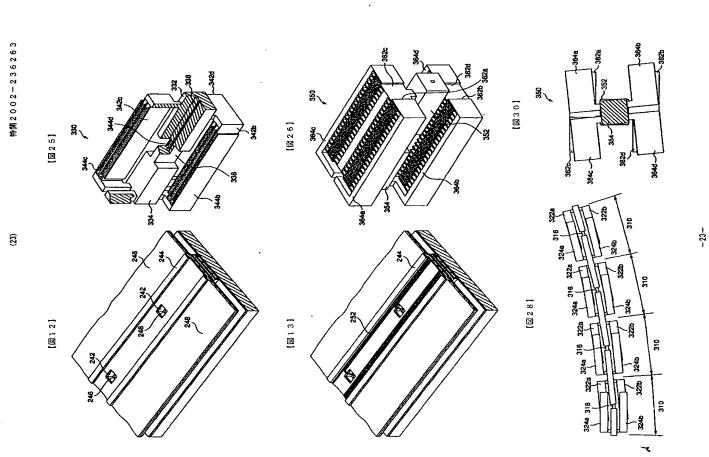
-18



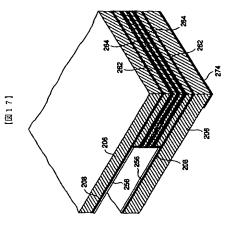




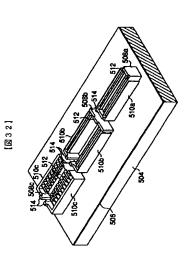
-24-

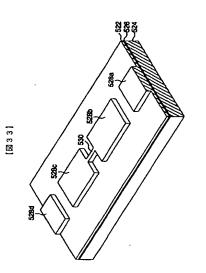


[⊠31]



8,

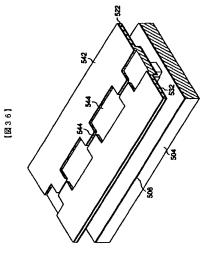




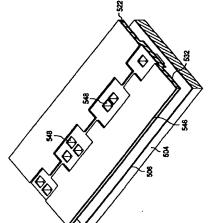
[図18]

-22-

-56-



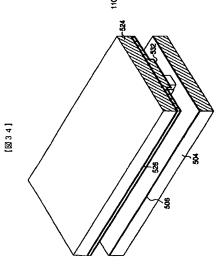


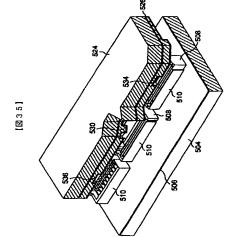


特開2002-236263

[図53]





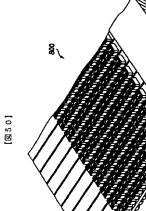


-28-

-27-

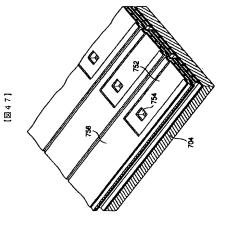
-32-

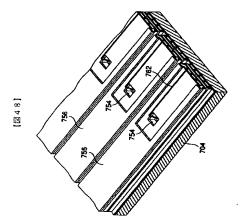
-31-



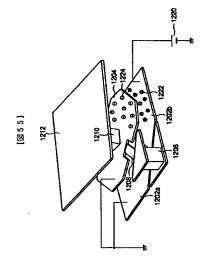
特開2002-236263

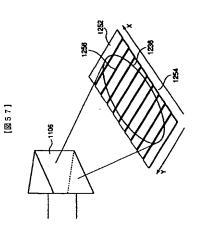






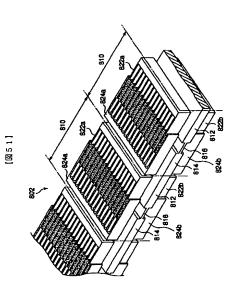
-34-

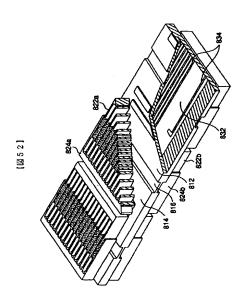




特限2002−236263

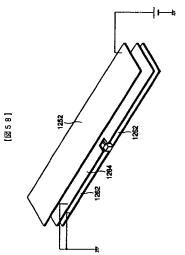
(32)





-35-

-36-



-37-